

# **Erstmaliger Einsatz von Mikrorechnern in verkehrsdienstlichen und -technischen Prozessen**

Öffentlichkeits- und breitenwirksame Erschließung von Innovationspotentialen in den Jahren 1977 bis 1984

HORST STROBEL UND PETER HORN

*prof.h.strobel@arcor.de, dr.peter.horn@t-online.de*

*Die ersten Mikrorechner wurden bekanntlich in der zweiten Hälfte der 1970er Jahre verfügbar, wobei – nach heutigen Maßstäben – eine sehr geringe Leistungsfähigkeit zu verzeichnen war. Trotzdem gelang es, Ersteinsatzfälle in Verkehrsprozessen zu schaffen, die eine große Breitenwirksamkeit und eine überwiegend positive öffentliche Resonanz erfuhr. Dieser Beitrag will über die hierbei gesammelten Erfahrungen aus dem Blickwinkel der Technikgeschichte berichten.*

## **1 Vorarbeiten und Erfolgsfaktoren**

Unmittelbar nach dem Verfügbarwerden der ersten Mikrorechner (Ende der 1970er Jahre) wurden Ersteinsatzfälle in Verkehrsprozessen realisiert, die in kurzer Zeit eine weite Verbreitung und große Öffentlichkeitswirksamkeit erreichten. Die Grundlagen hierfür wurden seit dem Jahre 1970 am Lehrstuhl *Regelungstechnik und Prozesssteuerung* (Prof. Strobel) der Dresdner Hochschule für Verkehrswesen (HfV) *Friedrich List* erarbeitet [10]. Hierzu gehörte auch die zusätzliche Tätigkeit des zuerst genannten Autors am *International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)* in Laxenburg bei Wien (ab 1974), die zu der Monographie *Computer Controlled Urban Transportation* [1] führte – der ersten umfassenden Darstellung dieses Fachgebietes im englischen Sprachraum. Die schnelle Praxisüberleitung erhielt wesentliche Impulse dadurch, dass die Verfasser ab 1982 zusätzlich zu ihrer Dresdner Hochschul-lehrertätigkeit die Leitung eines in Berlin neu gegründeten *Zentrums für Prozessautomatisierung (ZPA)* am *Zentralen Forschungsinstitut des Verkehrswesens (ZFIV)* übernahmen. Einige der realisierten Mikrorechnerlösungen können als zu jener Zeit weltweit neuartig angesehen werden. Das wird als Anlass und Rechtfertigung für eine Analyse aus dem Blickwinkel der Technikgeschichte angesehen, wobei eine Konzentration auf die Darstellung ausgewählter Ersteinsatzfälle in verkehrsdienstlichen und verkehrstechnischen Prozessen erfolgt (vgl. [3]).

## 2 Verkehrsdienstliche Prozesse

Auf diesem Gebiet sind Ersteinsatzfälle im Fahrausweisverkauf, im Zahlungsverkehr (Geldautomaten) sowie in Stadt- und Verkehrs-Informationssystemen realisiert worden. Nachfolgend wird, aus Umfangsgründen, nur auf den zuerst genannten Einsatzbereich eingegangen.

### 2.1 Der Mikrorechnergesteuerte Dialogautomat: Erstmalige Nutzbarkeit des interaktiven Bildschirmdialogs in der Öffentlichkeit

Mit dem Verfügbarwerden der ersten Mikroprozessoren entstanden bei einigen Eisenbahnverwaltungen so genannte *Mikrorechnergesteuerte Zieltasten-Automaten (MZA)*, bei denen jedem Ziel und jeder Tarifart eine Taste zugeordnet war. Die Erprobung des MZA im Fernbahnhof Berlin-Schöneweide endete mit einem Misserfolg: Die Inanspruchnahme war sehr gering und von der angestrebten Entlastung der Fahrkartenschalter konnte keine Rede sein. Eine Analyse des Tarifsystems und der Verkaufsstatistiken machte sichtbar (vgl. [2], [5]), dass das Rationalisierungsziel nur dann erreichbar sein würde, wenn der neu zu schaffende Automat folgende Leistungsmerkmale aufweist: (1) Fahrausweisverkauf mindestens nach den am meisten nachgefragten 200 Zielen und (2) Berücksichtigung der am häufigsten verlangten Tarifarten, d. h. der sehr stark (zu 75 %) ermäßigten Fahrausweise für Schüler und Studenten sowie der so genannten Arbeiterrückfahrkarten mit einem Nachfrageanteil von 40 bis 50 % in den größeren Stationen. Diese Fahrkarten konnten allerdings an den Schaltern nur gegen Vorlage entsprechender Ausweise oder Anträge erworben werden.

Von H. Strobel wurde deshalb das durch Abbildung 1 veranschaulichte Konzept des Mikrorechnergesteuerten Dialogautomaten (MDA) [2], [5], [6] entworfen, das weltweit erstmals, d. h. vor dem Verfügbarwerden von Personal-Computern, die Nutzung des interaktiven Bildschirmdialogs für den Fahrausweiserwerb durch eine breite Öffentlichkeit ermöglichte. Durch geeignete Dialoggestaltung gelang es die o. g. Erfolgsfaktoren zu berücksichtigen. Dazu ist der Bildschirm optisch in zwei Bereiche unterteilt worden (vgl. Abbildung 1): In das obere Feld BEDIENVORSCHRIFT und den unteren Bereich KONTROLLAUSSCHRIFT. Als Eingabe-Medium wurde ein Sensortastenfeld mit den Ziffern 0 bis 9 und der Taste „FEHLER“ zur Eingabekorrektur vorgesehen. Tabelle 1 veranschaulicht die drei für das Erreichen der Innovationsziele maßgebenden Dialogschritte, die lediglich noch zu ergänzen waren um Eingaben zu den Optionen *Hinfahrt*, *Hin-& Rückfahrt* etc. sowie zur *Zugattung*. Der Dialog begann mit der Aufforderung, aus dem neben dem Automaten angebrachten Aushang (vgl. Abbildung 1) die so genannte „Bahnhofskenzahl“ (in Gestalt leicht modifizierter Postleitzahlen) abzulesen und über die Wahlkosten einzugeben.



*Abbildung 1: Laborerprobung des MDA am Lehrstuhl Regelungstechnik und Prozesssteuerung der HfV (1979): Fahrausweisverkauf im interaktiven Bildschirmdialog (ca. 5.000 Fahrkartenarten – weltweit erstmalig)*

Die für den Erwerb ermäßigter Fahrkarten entscheidende Idee bestand darin, den Reisenden durch eine aktive Handlung bestätigen zu lassen, dass er im Besitz eines gültigen Ausweises bzw. Antrages ist (vgl. Dialogschritt 3 in Tabelle 1). Der ausgedruckte Fahrausweis enthielt deshalb die eingegebene Ziffernfolge, d. h. die so genannte WAHL-NR: 2700-4-1-1-3, wobei die an dritter Stelle stehende Zahl „1“ dem Fahrkartenkontrolleur erkennen ließ, dass der Reisende versichert hatte, im Besitz eines gültigen Antrages oder Ausweises zu sein. Für die Realisierung der o. g. Erfolgsfaktoren waren also nicht nur technologische Innovationen sondern auch organisatorische Neuerungen erforderlich. Ein unter Nutzung des Mikrorechners K1510 an der HfV entwickelter MDA wurde erstmals in der Vorweihnachtswoche des Jahres 1979 im Berliner Bahnhof Schöneweide mit dem Ziel getestet, Erkenntnisse über die Akzeptanz des zu jener Zeit völlig neuartigen und von vielen Seiten sehr skeptisch beurteilten Dialogkonzeptes zu gewinnen. Zu Beginn war der Automat ständig von 10 bis 20 „Zuschauern“ umlagert – aber niemand kaufte eine Fahrkarte. Das „Eis“ wurde durch Schulkinder gebrochen, die den Bildschirmdialog sofort begriffen und die gesamte Bahnhofskennzahlenliste fehlerfrei durchspielten. Die zunehmende Akzeptanz des MDA führte zu der Entscheidung, eine Pro-

duktion im Rationalisierungsmittelbau der DR (Reichsbahnausbesserungswerk Berlin-Schöneweide) und eine netzweite Einführung vorzunehmen. Bis zum Jahr 1984 wurden 400 MDA in den etwa 150 größten Bahnhöfen eingesetzt [4].

*Tabelle 1: Gestaltung des interaktiven Bildschirmdialog, dargestellt am Beispiel des Erwerbs eines Fahrausweises für Studenten von Berlin nach Schwerin*

Bedienvorschrift	Eingabe	Kontrollauschrift
BAHNHOFSKENNZAHL AUSHANG ENT- NEHMEN UND UEBER WAHLTASTEN EINGEBEN !	2700	2700 SCHWERIN (MECKL.) UEB. LUDWIGSLUST
EINTASTEN: 2=NORMALFK. 3=KINDERFK. 4=STUDENT 5=ARBEITERRUECKF.	4	2700 SCHWERIN (MECKL.) UEB: LUDWIGSLUST SCHÜLER / STUDENT
SIND SIE IM BESITZ EINES GUEL- TIG. ANTRAGS BZW STUDENTENAUS- WEISES ? 1 = JA                      2 = NEIN	1	2700 SCHWERIN (MECKL.) UEB. LUDWIGSLUST SCHÜLER / STUDENT GILT NUR MIT ANTRAG / STUDEN- TENAUSWEIS

An jedem Automaten wurden ca. 5.000 Fahrkartenarten (für den Fern- und Nahverkehr sowie Zeit- und Zuschlagskarten) angeboten – nie zuvor konnte an einem Selbstbedienungsgerät ein derartig umfangreiches Angebot abgerufen werden. Dadurch wurden erhebliche Effekte erzielt: So konnte z. B. nachgewiesen werden, dass die zwei im Dresdner Hauptbahnhof eingesetzten Dialogautomaten im Spitzenverkehr eine Abfertigungsgeschwindigkeit erreichten, die mit der eines modernisierten Schalters (vgl. dazu 2.2) vergleichbar war [5]: In den Spitzenzeiten wurde im Mittel alle 37 Sekunden ein Fahrausweis verkauft; 60 % davon entfielen auf die zu 75 % ermäßigten (antragsgebundenen) Fahrkarten, d. h. junge und gut ausgebildete Reisende bildeten die Hauptnutzer der neuen Technik.

Mit der Währungsunion im Jahre 1990 erfolgte die Umstellung auf die Annahme von D-Mark-Münzen. Das gelang allein durch eine Änderung der Software für den neuartigen Mikrorechnergesteuerten Münzprüfer [7] (vgl. Abbildung 1, rechts unten).

Die Nutzung des MDA lief im Jahre 1995, d. h. ca. 15 Jahre nach der ersten öffentlichen Präsentation aus. Der Hauptgrund ergab sich aus dem neuen Tarifsystem, in dem das wichtigste Nachfragepotential des MDA, d. h. die aus sozialen Gründen zu 75 % ermäßigten Fahrausweise des Schüler- & Studenten- sowie des Arbeiterberufsverkehrs eine nennenswerte Rolle nicht mehr spielten.

## 2.2 Der Mikrorechnergesteuerte Schalterdrucker (MSD): Durchgreifende Veränderung des Berufsbildes der Schalterbeschäftigten.

Unter Nutzung des ersten Mikrorechners K1510 von Robotron wurde 1979 an der HfV der MSD und damit eine neue Generation der Schalterverkaufstechnik entwickelt [2], [4], [8]. Bis dahin erfolgte der Fahrausweisverkauf bei der Deutschen Reichsbahn und anderen Eisenbahnverwaltungen dadurch, dass auf elektromechanischen Schalterdruckern durch traditionelle Drucktechnik kleine *Pappfahrkarten* bedruckt wurden oder *Blanko-Fahrkarten* handschriftlich auszufüllen waren. Am 29. November 1979 wurde die erste mikroelektronisch hergestellte Fahrkarte der DR mit Hilfe des MSD (vgl. Abbildung 2) im Berliner Bahnhof Schöneweide verkauft. Die notwendige Modifikation der Baugruppen erfolgte im Reichsbahnausbesserungswerk Berlin-Schöneweide. Bis zum Jahre 1984 wurde der Abschluss des Modernisierungsprogramms vorgenommen, d. h. ca. 600 MSD wurden in den etwa 200 größten Bahnhöfen der DR eingesetzt (vgl. Abbildung 2 und [4], [8]).



Abbildung 2: Einsatz des MSD im Bahnhof Berlin-Lichtenberg (1980)

Dadurch wurden auf den größeren Bahnhöfen folgende Effekte erzielt: (1) Erhöhung der mittleren Abfertigungsgeschwindigkeit auf ca. 160 %, (2) Verkürzung der Schicht-Übergabezeiten auf etwa 25 %, (3) Einstellung der materialintensiven Produktion elektromechanischer Drucker und (4) entscheidende Verbesserung der Arbeitsbedingungen für etwa 2000 Eisenbahnerinnen mit interessanten sozialen Auswirkungen: Aus der körperlich anstrengenden Arbeit der „Pappenverkäuferin“ wurde die leichtere, d. h. sitzende Tätigkeit einer „Computerbedienerin“ (vgl. Abbildung 2). Der Beruf der Fahrkartenverkäuferin wurde unter jungen Leuten wieder gefragt, wodurch ernste Nachwuchsprobleme der DR entschärft worden sind (vgl. [4], [8]).

Anfang der 1990er Jahre, d. h. nach der Zusammenführung der beiden deutschen Bahnen erfolgte die Ablösung des, gemessen an der Entwicklungsdynamik der Mikroelektronik, inzwischen „*betagten MSD*“ durch das System „Kurs90“ der DB, was naturgemäß, wie beim MDA, auch durch grundlegende Änderungen des Tarifsystems zu begründen war.

### 3 Verkehrstechnische Prozesse

Ersteinsatzfälle sind hier in folgenden Anwendungsbereichen realisiert worden (vgl. [3]): (1) Bordrechnereinsatz in Schienenfahrzeugen, (2) Steuerung des städtischen Straßen- und Nahverkehrs, (3) Betriebsleitsysteme für den Eisenbahnverkehr und (4) Automatisierung von Umschlags- und Lager-Haltungsprozessen. Nachfolgend werden Beispiele aus den zwei zuerst genannten Gebieten sowie aus einem speziellen Problem des Flugbetriebes dargestellt.

#### 3.1 Bordmikrorechnereinsatz: Energiesparende Zugsteuerung und Zuglaufmodifikation im Eisenbahnnahverkehr – **weltweit erstmalig**.

Die wissenschaftlichen Grundlagen zur Lösung dieser Aufgabenstellung wurden bereits Anfang der 1970er Jahre geschaffen [9], [10], [11]. Zwei miteinander verflochtene Aufgaben wurden untersucht.

(1) *Die energieoptimale Zugsteuerung (EOZ)*, die das optimale Fahrregime zwischen zwei Halten zu realisieren hatte. Die *Theorie optimaler Prozesse* (Maximum – Prinzip von Pontrjagin) lieferte die Erkenntnis, dass nur vier Fahrregime in Betracht zu ziehen sind:

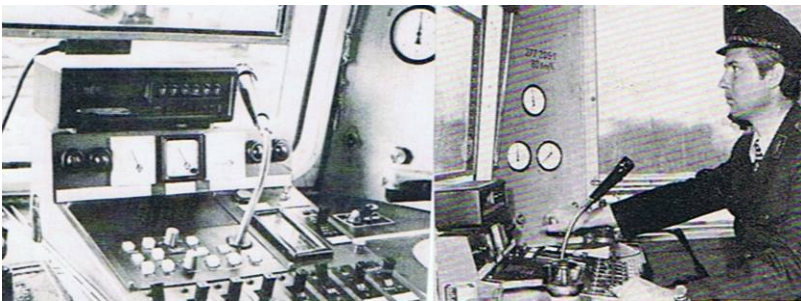
- a) Antrieb mit der maximal zulässigen Beschleunigung,
- b) Beharrungsfahrt an der Höchstgeschwindigkeitsgrenze,
- c) Auslauf und
- d) Bremsen mit der maximal zulässigen Verzögerung.

Die Übergänge zwischen diesen Fahrregimen hängen ganz entscheidend von der verfügbaren Fahrzeit ab. Es handelt sich dabei um ein *Spiel mit Sekunden*, das die Leistungsgrenzen eines Menschen überschreitet und deshalb nur rechnergestützt bewältigt werden kann. Dabei kann der Bordrechner als Fahrerassistenzsystem eingesetzt werden, das das jeweils anzuwendende Fahrregime dem Triebfahrzeugführer anzeigt (vgl. Display, links in Abbildung 3, zur Anzeige des jeweils optimalen Fahrregimes).

(2) *Die energieoptimale Zuglaufmodifikation* für eine komplette Nahverkehrslinie. Hier sind die Fahrzeiten zwischen den einzelnen Haltepunkten so zu bestimmen, dass die pünktliche Ankunft am Endpunkt bzw. an einem wichtigen Umsteigepunkt gesichert und der Energieverbrauch insgesamt mi-

nimiert wird. Diese Aufgabe konnte unter Nutzung der *Dynamischen Programmierung nach Bellman* gelöst werden (vgl. [11]).

Experimentelle Studien, die bereits 1974 an der HfV mit Hilfe eines Triebfahrzeugsimulators und des Prozessrechners PR 2100 durchgeführt wurden (vgl. [9]), deuteten auf mögliche Traktionsenergieeinsparungen in einer Größenordnung von 10 bis 20 % hin. Unter Verwendung des ersten Mikrorechners MR 1, der 1977/78 in der DDR verfügbar wurde, ist an der HfV ein erstes Bordrechnermodell entwickelt und im Wendezugbetrieb *Dresden-Meißen* und *Dresden-Schmilka* erprobt worden. Die ermutigenden Resultate, die die Simulationsstudien bestätigten, bildeten die Grundlage für die Entwicklung eines Bordrechners auf der Basis des Mikroprozessors U 880 (durch die HfV und das ZPA) in Hinblick auf den Ersteinsatz bei der S-Bahn Berlin (vgl. Abbildung 3), der im Forschungs- und Entwicklungswerk Blankenburg der DR produziert worden ist. Mehr als 100 Bordmikrorechner sind bis Mitte der 1980er Jahre in Berliner S-Bahn-Zügen eingesetzt worden.



*Abbildung 3: Bordmikrorechnereinsatz in Triebfahrzeugen der Berliner S-Bahn als Fahrerassistenzsystem zur Realisierung energiesparender Fahrweisen (Anfang der 1980er Jahre – weltweit erstmalig). Bild links: Display zur Anzeige der nächsten Haltestelle und des jeweils optimalen Fahrregimes*

Nach der Vereinigung von Reichs- und Bundesbahn ist dem Problem der Energieeinsparung nicht mehr die zu DDR-Zeiten geltende Priorität zugemessen worden, was sich allerdings in den zurückliegenden Jahren wieder grundlegend geändert hat. Nach der Eingliederung des universitären Teiles der HfV in die TU Dresden hat deshalb der zuerst genannte Autor am Lehrstuhl *Verkehrssysteme und -prozessautomatisierung* eine Erweiterung der in den 1970er Jahren geschaffenen Systemlösung durch Integration der energieoptimalen Zugsteuerung und Zuglaufmodifikation mit einer Anschluss-Sicherung (vgl. [12]) veranlasst. Das Verfügbarwerden leistungsfähiger PDA mit GPS Ortung eröffnet überdies die Chance, zukünftig auf die Entwicklung spezieller Bord-

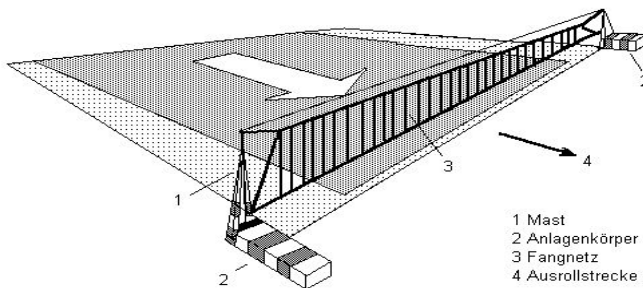
rechner zu verzichten, wodurch die bei Schienenfahrzeugen bestehenden „Nachrüstbarrieren“ reduziert werden.

### 3.2 Die Mikrorechnergesteuerte Knotenschaltanlage: Der erste Mikro-Rechner am Straßenrand.

Bereits im Mai 1979 wurde am Dresdner Knotenpunkt *Ackermannstraße-Zellescher Weg* erstmals ein Mikrorechner am Straßenrand eingesetzt und erfolgreich für die vollverkehrsabhängige Regelung des Individual- und des Straßenbahnverkehrs genutzt [13]. Diese Entwicklung der HfV bildete die Grundlage für die spätere Serienproduktion von Mikrorechner-Knotenschaltanlagen durch das Geräte-Reglerwerk (GRW) in Leipzig.

### 3.3 Die Flugzeugnotfanganlage ATU-G/1A: Ein neuartiges Mikrorechner-gesteuertes Lebensrettungssystem

Besonders wichtige verkehrstechnische Prozesse stellen die Start- und Landevorgänge im Flugbetrieb dar, da hier das größte Unfallrisiko besteht. Im Jahre 1975 wurde an den Lehrstuhl *Regelungstechnik und Prozesssteuerung* der HfV das Anliegen herangetragen, die Entwicklung einer Flugzeug-Notfanganlage wissenschaftlich zu unterstützen, die bei einer Havarielandung oder bei einem Startabbruch das Leben und die Gesundheit der Flugzeuginsassen zu bewahren gestattet. Wegen fehlender konstruktiver Voraussetzungen konnte dabei auf das bei Flugzeugträgern genutzte Prinzip „*Fanghaken am Flugzeug- Stahlseil-passive Bremsstrommel*“ nicht zurückgegriffen werden. Vielmehr war ein automatisch aufzurichtendes, über Bremsgurte mit hydraulisch gesteuerten Bremsstrommeln verbundenes Fangnetz vorgesehen, in das das Flugzeug im Havariefall hineinrollt. (vgl. Abbildungen 4 und 5).



*Abbildung 4: Prinzipdarstellung des Anlagenschemas der Flugzeugnotfanganlage*



Die Bremsstrommeln waren nun so zu steuern, dass im Havariefall Flugzeuge mit einer Masse von bis zu 20 Tonnen und einer Einrollgeschwindigkeit von bis zu 360 km/h auf einer maximalen Bremsstrecke von 330 m zwangsweise zum Halten gebracht werden. Die nichtlineare Anlagengeometrie und die komplizierte Dynamik des Systems „Fangnetz-Bremsgurte-Bremsstrommeln-Hydraulik“ schlossen konventionelle Lösungen der Regelungstechnik aus. Im Jahre 1976 wurde deshalb an der HfV unter Nutzung eines der ersten Mikrorechner MR1 (Vorläufer des K 1510 von Robotron) eine neuartige Lösung für das Steuerungssystem entwickelt [14]. Nach dessen erfolgreicher Erprobung 1977, mit Flugzeugen vom Typ MiG-21 und MiG-23, begann 1979 die Produktion für die Warschauer-Pakt-Staaten in der Flugzeugwerft Dresden auf der Basis des Mikrorechners K 1510. Diese Anlagen haben in Friedenszeiten mehreren Piloten auf unterschiedlichsten Flugzeugtypen das Leben gerettet (vgl. dazu auch Diskussionen in [16]). Nach der Wiedervereinigung Deutschlands wurde mit der MiG-29 auch die ATU-G/1A von der Bundeswehr übernommen und mit Flugzeugen vom Typ Phantom F4 erprobt, vgl. Abbildung 5.



*Abbildung 5: Erprobung der Fanganlage mit einem Flugzeug Phantom F4 in der Wehrtechnischen Dienststelle für Luftfahrzeuge in Manching.*

1995 erfolgte eine Modernisierung der rechentechnischen Basis (Substitution des K 1510), allerdings auf der Grundlage der bereits in den 1970er und 1980er Jahren entwickelten und erprobten Regelungs- und Steuerungs-Algorithmen (vgl. dazu [15]). In [17] wird die Funktionsweise der ATU-G/1A durch Videos von Fangversuchen auf den Flugplätzen Alteno (südlich von Berlin, 1977, mit den Flugzeugtypen MiG-21 und MiG-23) und Manching (Bayern, 1996, Erprobung mit der Phantom F4) veranschaulicht. Betrachtet man den Einsatz der Mikrorechnergesteuerten Flugzeugnotfanganlage ATU-G/1A von dem ersten Fertigungsmuster des Jahres 1979 bis zur Einstellung der Wartungsarbeiten im Jahre 2004, so ergibt sich eine „Lebenszeit“ von 25 Jahren. Die ATU-G/1A ist damit nicht nur eines der ersten Mikrorechnerprojekte

der DDR, sondern vermutlich auch dasjenige, das am längsten erfolgreich zum Einsatz kam.

Die hier skizzierte Flugzeugnotfanganlage wurde bisher ausschließlich im militärischen Bereich genutzt und es wurden nachweislich Flugzeuge der Typen MiG, Suchoi, Phantom und Tornado gefangen. Wie in [15] dargestellt und durch Lande- und Starthavarien aus jüngster Zeit bestätigt worden ist, erscheint allerdings auch für „kleinere“ Zivilflugzeuge mit einer Masse von weniger als 20 bis 50 Tonnen der Einsatz von Flugzeugnotfanganlagen angezeigt zu sein, da hier, nach Untersuchungen des Luftfahrtbundesamtes, Unfälle durch das Überrollen der Start- bzw. Landebahn am häufigsten auftreten.

#### 4 Literatur und Internetquellen

- [1] STROBEL, H. (1982): Computer Controlled Urban Transportation: A Survey of Concepts, Methods, and International Experiences. *Chichester-New York-Brisbane-Toronto-Singapore: John Wiley & Sons, 500 S.*
- [2] STROBEL, H. et al. (1981): Über den Einsatz der Mikrorechentechnik zur Rationalisierung des Fahrausweisverkaufs bei der Deutschen Reichsbahn. *Beitrag zum ersten Kolloquium „Anwendung von Mikroprozessoren bei der Eisenbahn“ am 5. und 6. Mai 1981 in Madrid. Internationales Eisenbahnforschungsinstitut ORE, Utrecht, Technisches Dokument DT 130, Januar 1982.*
- [3] STROBEL, H. (Hrsg.) (1984): Prozessautomatisierung im Verkehrswesen 1979–1984. Fünf Jahre Anwendung der Mikrorechen- und Roboter-Technik. *Berlin: Schriftenreihe des Zentralen Forschungs-Instituts des Verkehrswesens der DDR, ZFIV report 11 (27), 359 S.*
- [4] STROBEL, H. (1984): Prozessautomatisierung im Verkehrswesen. Bilanz und Perspektiven. *In: [3], S. 3-26.*
- [5] STROBEL, H. (1984): Der Mikrorechner gesteuerte Dialogautomat. Das technisch-technologische Konzept und seine Akzeptanz auf großen Bahnhöfen. *In: [3], S. 62-77.*
- [6] STROBEL, H. (1979): Universeller Selbstbedienungsverkaufsautomat für Fahrkarten und andere Belege. *Patentschrift 144692, Wirtschaftspatent G 07 B / 214 010, angemeldet am 02.07.1979 beim AfEP der DDR.*
- [7] BECKER, W.; PÄTZOLD, A. & STROBEL, H. (1979): Anordnung für einen elektronischen Mehrsortenmünzprüfer. *Patentschrift 145340, Wirtschaftspatent G 07 F / 214 698, angemeldet am 31.07.1979 beim AfEP der DDR.*

- [8] KOSEMUND, M. & BECKER, W. (1984): Der Mikrorechner gesteuerte Schalterdrucker (MSD): Konzepte und Erfahrungen. *In: [3], S. 52-61.*
- [9] HORN, P. (1974): Beitrag zur Lösung des Syntheseproblems der energieoptimalen Steuerung einer Zugfahrt. *Dresden, Hochschule für Verkehrswesen „Friedrich List“, Dissertation.*
- [10] STROBEL, H.; HORN, P. & KOSEMUND, M. (1974): A Contribution to Optimum Computer-Aided Control of Train Operation. *Proceedings of the 2nd IFAC/IFIP/IFORS Symposium on Traffic Control and Transportation Systems. Monte Carlo, 16-21 Sept. 1974, S. 377-387*
- [11] HORN, P. (1976): Energieoptimale Fahrweisen und ein Verfahren zur energiesparenden Zuglaufmodifikation. *Schienenfahrzeuge 20 (11), S. 388-390.*
- [12] OETTICH, S. (2005): Energiesparende und anschlussoptimierende Steuerung von Stadtschnellbahnen: Ein mehrkritieller Zugang zur Echtzeitoptimierung von Fahrweisen und Fahrzeiten. *TU Dresden, Dissertation an der Fakultät „Verkehrswissenschaften“ Friedrich List.*
- [13] GLÖCKNER, B.; KRIMMLING, J.; KÜHNELT, D. & PACKROFF, K. (1984): Verkehrssteuerungssystem für den Straßenverkehr auf Mikrorechner-Basis VSM. *In: [3], S. 264-271.*
- [14] HORN, P.; SCHEFFLER, U. & KEHR, L. (1979): Verfahren zur Steuerung von Bremsanlagen in Flugzeugfanganlagen. *GPB 64F/217464 beim AfEP der DDR, 1981; Patentschrift DD 301 104 erteilt durch das Deutsche Patentamt der BRD, 1992.*
- [15] HORN, P. & SCHEFFLER, U. (1996): Entwicklung und Einsatz von Flugzeugnotfanganlagen. *Beitrag zum Deutschen Luft- und Raumfahrtkongress, 24.-27. September 1996 in Dresden.*
- [16] Die Flugzeugnotfanganlage ATU-G/1A im Flugzeugforum. <http://www.flugzeugforum.de/forum/showthread.php?t=42814>.
- [17] Die Flugzeugnotfanganlage ATU-G/1A. [http://www.dr-peter-horn.de/html/Win\\_Inf\\_ATU.htm](http://www.dr-peter-horn.de/html/Win_Inf_ATU.htm).

Die zitierten Internetquellen wurden zuletzt am 26.08.2010 aufgerufen.